

333020



memoria descriptiva

CLASE DE REGISTRO una Patente de Invención por veinte años en España,

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE Siemens Aktiengesellschaft (sociedad alemana)

RESIDENCIA Y DOMICILIO Berlin y München (Alemania)
Dirección postal: Balanstrasse 73, 8 München 8

OBJETO "DISPOSICION DE SEMI-CONDUCTOR OPTOELECTRONICA"

INVENTORES: Günther Winstel; Klaus Mettler; Karl-Heinz Zschauer y
Horst Pelka, todos de nacionalidad alemana.

PRIORIDAD: Solicitud Patente alemana S 100.363 VIIIc/21g del día
4 de Noviembre de 1965, y

PRIORIDAD: Solicitud Patente alemana S 106.286 VIIIc/21g del día
30 de Septiembre de 1966.



966

- 1. -

1

Como disposición de semi-conductor optoelectrónica se designa una disposición de un elemento de construcción semi-conductor, que emite una radiación óptica, por ejemplo, un diodo de luminiscencia, como emisor A, un elemento de construcción semi-conductor sensible a esta radiación, por ejemplo, un fotodiodo como receptor B y un conductor de luz L entre ambos. Este conductor de luz debe ocasionar un acoplamiento óptico lo más alto posible y un aislamiento eléctrico lo mayor posible con acoplamiento mecánico simultáneamente estable entre emisor y receptor en un alcance de temperatura entre aproximadamente - 55 a + 125°C.

5

10

15

El elevado acoplamiento óptico presupone, al lado de emisión de luz lo más intensa posible del emisor, ante todo una buena adaptación de la sensibilidad espectral del receptor a esta radiación y pérdidas lo menores posibles de absorción, reflexión y reflexión total en el recorrido de la luz. El desacoplamiento eléctrico de emisor y receptor puede alcanzarse por un conductor de luz lo mejor aislante posible.

20

La intensidad lo más alta posible de la luz de emisión se consigue por corrientes correspondientemente altas en el diodo A de luminiscencia.

25

La exigencia de adaptación espectral (en la técnica de telecomunicación se hablaría de sintonización de frecuencia) se cumple al presente óptimamente por utilización de arseniuro de galio GaAs como emisor - y silicio Si, como material receptor. Sin embargo, no está excluido que en el



1966

- 2. -

1 futuro resulten por lo menos igualmente favorables también otras combinaciones de materiales.

5 Las pérdidas de luz por absorción, reflexión y reflexión total, así como el aislamiento eléctrico entre A y B se determinan esencialmente por el material del conductor de luz L; especialmente las pérdidas a consecuencia de reflexión total de las superficies de límite entre el conductor de luz y los elementos de construcción semi-conductores dependen del índice de refracción n_L del conductor de luz
10 contra aire, respectivamente del índice de refracción relativo del conductor de luz contra los materiales semi-conductores. El emisor, por ejemplo, un diodo de luminiscencia GaAs, y el receptor, por ejemplo, un diodo - Si, tienen altos índices de refracción ($n_A = n_{\text{GaAs}} \approx 3,53$ y $n_B = n_{\text{Si}} \approx 3,5$)
15 de modo que especialmente las pérdidas de reflexión total pueden reducirse considerablemente por utilización de conductores de luz de alta refracción.

20 Tales disposiciones de semi-conductor optoelectrónicas son conocidas en principio (compárese, por ejemplo, Bierd y otros: Proc. IEEE vol. 52, Nº 12 1964, 1529 - 1536). Como conductor de luz L entre un diodo de luminiscencia GaAs como emisor A y un fotodiodo - Si, como emisor B se citan cristales conteniendo plomo, respectivamente selenio (cristales Pb, respectivamente Se) (índice de refracción $n_L \approx 1,8$
25 - 1,9 respectivamente $n_L \approx 2,4 - 2,6$). Los índices de refracción relativos de estos materiales conductores de luz contra los materiales semi-conductores del emisor, respecti



1966

- 3.-

1 vamente del receptor, sin embargo, se diferencian fuertemen-
te de 1 (por encima de 50%) de modo que las pérdidas de luz,
especialmente por reflexión total, todavía son muy conside-
rables.

5 El objeto del presente invento es evitar este in-
conveniente.

Según el invento este problema se resuelve porque
en la disposición de semi-conductor optoelectrónica el con-
ductor de luz L entre emisor A y receptor B se compone de
10 material semi-conductor de alto valor óhmico, es decir libre
de portadores de cargas libres esencialmente de bajo valor
absorbente, cuyo índice de refracción para la luz empleada -
- por lo menos en las zonas limítrofes conductor de luz ele-
mento de construcción semi-conductor (A/L y L/B) - para la
15 evitación especialmente de pérdidas de reflexión total, se
diferencia sólo poco, con preferencia como máximo por 20%,
de los índices de refracción de los elementos de construcción
semi-conductores A y B pertenecientes a la disposición.

Como el efecto eléctrico de aislamiento de los con-
20 ductores de luz de cristales conteniendo Pb, respectivamen-
te Se con temperatura creciente, también en el alcance de
las usuales temperaturas de funcionamiento, cede notablen-
te, otro objeto del invento consiste en indicar un conductor
de luz de poca absorción y al mismo tiempo con alta solidez
25 de tensión.

Según otra idea inventiva, ésto se alcanza porque
se utiliza como conductor de luz un material semi-conductor,



3

- 4-.

1 semi-aislante, en el caso de GaAs como emisor y Si como receptor, especialmente GaAs semi-aislante.

5 Bajo el término de "semi-aislante" debe entenderse lo siguiente: la conductibilidad eléctrica más baja, es decir la máxima resistencia eléctrica, la muestra el material semi-conductor más puro, aunque tecnológica y económicamente hasta hoy apenas es alcanzable. A este estado purísimo, que se trata de obtener, se llega muy cerca respecto a la conductibilidad eléctrica, respectivamente a la resistencia eléctrica, de un modo bastante costoso, por lo menos por compensación parcial de cargas parásitas siempre existentes. La compensación es posible por inclusión dirigida de átomos extraños, por ejemplo, por átomos extraños, que actúan como trampas para portadores de cargas libres. Un material semi-conductor así compensado - no purísimo -, es decir un material con resistencia lo más alta posible, se designa como semi-aislante.

10 En base de la selección de material, por lo tanto, puede alcanzarse especialmente que los índices de refracción del emisor A y del conductor de luz L (por ejemplo ambos de GaAs) sean aproximadamente iguales, de modo que la adaptación sólo tiene que efectuarse entre los índices de refracción del conductor de luz y del receptor.

15 Las pérdidas de absorción se manifiestan principalmente en el conductor de luz, especialmente cuando el conductor de luz y el emisor consisten en el mismo material básico. Por lo tanto, debe cuidarse que el coeficiente de absorción para la luz empleada, por lo menos en el conductor de



1 luz, permanezca lo bastante pequeño, aproximadamente > 20 cm^{-1} . El coeficiente de absorción puede ajustarse por do-
tación del conductor de luz L.

5 Un arseniuro de galio de GaAs semi-aislante, es decir del mayor valor óhmico posible y en ello poco absor-
bente es, por ejemplo, un GaAs (GaAs: Cr) dotado con algu-
nos 10^{16} átomos de cromo por cm^3 . Las pérdidas de absor-
ción son tanto menores, cuanto mayor sea la longitud de on-
da de la emisión del diodo de luminiscencia de GaAs. Es
10 especialmente adecuado un diodo de luminiscencia de GaAs
cuyo paso - pn generador de luz se ha obtenido por aleación
de una pildora de zinc - estaño- preferentemente de la com-
posición $\frac{\text{Zn}}{\text{Sn}} \approx 10^{-2} - 10^{-1}$ - cuyo máximo de emisión espec-
tral está situado aproximadamente en $\lambda \approx 0,98 \mu\text{m}$. El coe-
15 ficiente de absorción del material conductor de luz semi-
aislante GaAs: Cr importa para esta luz sólo aproximadamen-
te $\alpha \approx 5 \text{ cm}^{-1}$ (compárese [1]); para la luz de un diodo
de luminiscencia GaAs usual en otro caso, difundido ($\lambda =$
0,9 μm) el coeficiente de absorción será aproximadamente
20 $\alpha \approx 50 \text{ cm}^{-1}$ (compárese [2].) y por ello mayor por un fac-
tor 10.

25 El GaAs dotado con Cr no sólo muestra menor ab-
sorción aproximadamente con un $1 \mu\text{m}$, sino que además tie-
ne un valor óhmico muy alto (aproximadamente $10^8 \Omega \text{ cm}$)
y por ello es especialmente adecuado como material para un
conductor de luz sólido a la tensión.

Como en este caso el emisor A y el conductor L



1

de luz de la disposición optoelectrónica de semi-conductor se componen del mismo material fundamental, es decir GaAs, puede establecerse una unión mecánica estable entre ambos, por ejemplo, por constitución epitáctica. El receptor B para la unión mecánicamente estable puede estar unido por pegamento con el conductor de luz L.

5

La ventaja arriba mencionada de la absorción muy reducida en el conductor de luz L es también de importancia porque el pegamento utilizado entre el semi-conductor L y el receptor B tiene por consecuencia posiblemente pérdidas de luz. Estas pérdidas entonces inevitables, sin embargo, se compensan por las pérdidas muy pequeñas en el recorrido hasta esta capa de pegamento.

10

Como pegamento entre el conductor de luz L y el receptor B, sin pérdidas de absorción demasiado grandes, pueden utilizarse capas de un grosor de hasta aproximadamente $1 \mu\text{m}$ de cristal de bajo punto de fusión, que incluso pueden mostrar una conductibilidad eléctrica. Tal clase de cristal de pegamento K puede contener especialmente sulfuro de arsenio As_4S_4 o seleniuro de arsenio As_2Se_3 , por lo que se aumenta el número de refracción y por ello se reducen las pérdidas de reflexión. En el caso de grosores de capa de menos de $\frac{\lambda}{2}$, es decir de menos de aproximadamente $0,5 \mu\text{m}$ también pueden utilizarse pegamentos orgánicos sin inconveniente esencial.

15

20

25

Debe mencionarse todavía que puede alcanzarse una disminución de las pérdidas de absorción también por inclu-



1

sión de otros compuestos III-V en el material del diodo de luminiscencia y/o del conductor de luz, y ésto por componentes de disminución de la distancia de banda en el diodo de luminiscencia (en GaAs, por ejemplo, por lo menos uno de los compuestos InSb, InAs, GaSb, InP) y/o por componentes aumentadores de la distancia de banda en el conductor de luz (en GaAs, por ejemplo, por lo menos uno de los compuestos AlP, AlAs, GaP, AlSb).

5

10

En lo que sigue se describirá mediante las figuras 1 - 3, qué ventaja se obtiene especialmente respecto a las pérdidas de reflexión total por adaptación de los índices de refracción.

15

20

En la figura 1 se ilustra primero esquemáticamente la marcha de los rayos en una disposición optoelectrónica de semi-conductor. Para mayor claridad se ha supuesto en ello un paso pn puntiforme en el diodo de luminiscencia A; p y n significan la zona - p y la zona - n del diodo de luminiscencia, TR caracterizan la reflexión total, 1 respectivamente 2 con las superficies de límite entre A y L, respectivamente L y B.

Los rayos de luz están sometidos a la ley de refracción.

$$\begin{aligned} \text{sen } \psi &= n \cdot \text{sen } \varphi & ; & \quad n = \text{índice de refracción relativo} \\ \text{sen } \varphi_g &= \frac{1}{n} & ; & \quad \varphi_g = \text{ángulo de límite de la reflexión} \\ & & & \quad \text{total } (n > 1) \end{aligned}$$

25

El acoplamiento de luz η — es decir el cociente de la intensidad J_b , que se registra en B y de la intensi-



1

dad J_A , que se emite por el paso - pn en A — está dado (pé-
didias de absorción no están comprendidas al mismo tiempo)
por

$$\eta \sim \eta_1 \cdot \eta_2$$

5

En ello resulta η_1 en buena aproximación como pro-
ducto de la transmisión T_1 en la superficie de límite 1 por
un factor F_{TR} , que toma en consideración el hecho de que, a
consecuencia de reflexión total, sólo pasan la superficie de
límite 1 los rayos de luz del cono luminoso con el ángulo de
10 apertura 2φ .

Para la transmisión está vigente (fórmulas de Fresnel):

$$T_{||} = \frac{4 n^2 \cos \vartheta \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 \vartheta}}{(\cos \vartheta + \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 \vartheta})^2 (\cos \vartheta \cdot \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 \vartheta} + \text{sen}^2 \vartheta)^2}$$

15

$$T_{\perp} = \frac{4 \cos \vartheta \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 \vartheta}}{(\cos \vartheta + \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 \vartheta})^2}$$

$$T = \frac{1}{2} (T_{||} + T_{\perp})$$

20

Con ayuda de la ley de refracción pueden represen-
tarse $T_{||}$, T_{\perp} y T también en dependencia del ángulo de inci-
dencia φ . En la figura 2 está dibujada la transmisión
Tra para el caso $n = 3,53$ (esto corresponde una superficie
de límite entre GaAs y aire). Se observa que T disminuye
notablemente sólo para ángulos $> \beta = \text{ángulo de BREWSTER}$.

25

Es decir que la transmisión puede considerarse en buena apro-
ximación como dependiente del ángulo y puede ponerse igual

1

a T ($\varphi \approx \nu \approx 0^\circ$); el error en esta aproximación está dado por la relación de la superficie rayada (fig. 2) respecto a todo el rectángulo de la altura T ($\varphi \approx \nu \approx 0^\circ$) y con $n \rightarrow 1$ a causa entonces de $\beta \rightarrow 90^\circ$ se hace siempre menor.

5

Por ello se hace

$$T \approx T(\varphi \approx \nu \approx 0^\circ) = \frac{1}{2} [T_{II}(\varphi \approx \nu \approx 0^\circ) + T_I(\varphi \approx \nu \approx 0^\circ)] =$$

10

$$\frac{4n}{(n+1)^2} \approx \frac{n}{(n+1)^2} = \frac{1}{(\frac{1}{n}+1)^2}$$

El factor F_{TR} está dado por el cociente del ángulo espacial $2\varphi_G$ (haz de luz aprovechable, limitado por reflexión total) y de la superficie total de la esfera. Mediante utilización de la fórmula para la reflexión total se obtiene

15

$$F_{TR} = \frac{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}}{2n_1} \approx \frac{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}}{n_1}; \quad n_1 = \frac{n_A}{n_L}$$

20

Como en la superficie de límite 2, a causa de $n_L \approx n_B$ no se manifiesta ninguna reflexión total, y porque $n_A = n_{GaAs} \approx n_{Si} = n_B$, (es decir, $n_2 \frac{n_L}{n_B} \approx \frac{1}{n_1}$) se obtiene para el acoplamiento de luz la expresión

25

$$\eta(n_1) \approx \frac{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}}{n_1} \cdot \frac{n_1}{(n_1+1)^2} \cdot \frac{n_2}{(n_2+1)^2} \approx \frac{n_1 - \sqrt{n_1^2 - 1}}{(n_1+1)^4}$$

En la figura 3 está representado el curso de η



1

(n_1). Se reconoce claramente, que para una disposición optoelectrónica según el invento ($n_1 > 1,2$) el acoplamiento de luz n es esencialmente más alto que en la utilización de conductores de luz de cristal Pb ($n_L \approx 1,4$) o de cristal de Se ($n_L \approx 2,5$, es decir, $n_1 \approx 1,95$) o de aire ($n_1 \approx 3,5$).

5

La figura 4 muestra una forma de ejecución de la disposición optoelectrónica de semiconductor según el invento.

Significan:

10

A = Diodo de luminiscencia (por ejemplo, de GaAs, preferentemente diodo de luminiscencia de GaAs aleado con (Zn, Sn), puesto en contacto con

E_1 y E_2 = electrodos del diodo de luminiscencia

P_A respectivamente n_A = zona-p, respectivamente zona-n del diodo de luminiscencia A

15

L = conductor de luz de alto índice de refracción de material semi-conductor semi-aislante de baja absorción (por ejemplo de GaAs:Cr)

B = fotodiodo (por ejemplo de si) puesto en contacto con

20

E_3 y E_4 = electrodos del fotodiodo.

P_B respectivamente n_B = zona-p respectivamente zona-n del fotodiodo B

K = capa de pegamento eventualmente existente (por ejemplo de vidrio de bajo punto de fusión).

25

Indicaciones bibliográficas:

[1] G.E. JONES, A.R. Hilton;

J. Electrochem. Soc. Vol. 113 (Mayo 1966) 504-505



1

[2] W.N. CARR:

IEEE Trans on el. Dev. ED Nº 10

(Oct. 1965) - 531-535.

5

N O T A . -
= = = = =

10

La presente patente de invención comprende las siguientes reivindicaciones:

15

20

25

1.- Disposición de semiconductor optoelectrónica, compuesta de un emisor A constituido como elemento de construcción semi-conductor y un receptor B constituido como elemento de construcción semi-conductor, que están unidos por un conductor de luz L de modo mecánicamente estable, caracterizada porque el semi conductor (L) se compone de material electrónico semi-conductor de alto valor óhmico, es decir esencialmente libre de portadores de cargas libres, y de baja absorción, cuyo índice de refracción para la luz empleada - por lo menos en las zonas de límite de conductor de luz/ elemento de construcción semi-conductor (A/L y L/B) - para evitar especialmente pérdidas de reflexión total, se desvía sólo poco, preferentemente como máximo por 20% de los índices de refracción de los elementos de construcción semi-conductores (A,B) pertenecientes a la disposición.

2.- Disposición según la reivindicación 1, carac-



1

terizada porque el índice de refracción del conductor de luz (n_D) es aproximadamente igual al de un elemento de construcción semi-conductor, preferentemente al del emisor (A) ($n_D \approx n_A$) y se diferencia como máximo por 20% del índice de refracción del otro elemento de construcción semi-conductor, preferentemente del receptor B.

5

10

3.- Disposición según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque el emisor (A) se compone de arseniuro de galio (GaAs), el conductor de luz (L), de material semi-conductor semi-aislante, y el receptor (B), de silicio (Si), y porque el emisor (A), conductor de luz (L) y receptor (B) conjuntamente forman una disposición especialmente en forma de barra.

15

4.- Disposición según una de las reivindicaciones 1 - 3, caracterizada porque el emisor (A) es un diodo de luminiscencia de GaAs, el conductor de luz (L) se compone de GaAs semi-aislante y el receptor (B) es un fotodiodo Si.

20

5.- Disposición según las reivindicaciones 1 - 4, caracterizada porque el coeficiente de absorción para la luz empleada para el acoplamiento óptico, a lo largo del recorrido de luz, importa por lo menos en el conductor de luz (L) como máximo $\alpha = 20 \text{ cm}^{-1}$.

25

6.- Disposición según una de las reivindicaciones caracterizada porque preferentemente el conductor de luz

1

(L) está dotado de tal modo que las pérdidas de absorción estén disminuidas.

5

7.- Disposición según por lo menos una de las reivindicaciones 1 - 6, caracterizada porque el emisor (A) es un diodo de luminiscencia de GaAs aleado con zinc-estaño, el conductor de luz (L) un GaAs:Cr semi-aislante (GaAs con dotación de cromo) y el receptor (B) es un fotodiodo de Si.

10

8.- Disposición según la reivindicación 7, caracterizada porque el conductor de luz (L) está aplicado epitácticamente sobre el diodo de luminiscencia (A) y el fotodiodo (B) está pegado con el conductor de luz (L) en el lado situado opuesto al diodo de luminiscencia (A).

15

9.- Disposición según la reivindicación 8, caracterizada porque el pegamento (K) entre el conductor de luz (L) y el receptor (B) se compone de una capa delgada, aproximadamente de un grosor de $1 \mu\text{m}$ de un cristal de alto índice de refracción, de bajo punto de fusión.

20

10.- Disposición según una de las reivindicaciones 1 - 9, caracterizada porque el conductor de luz, preferentemente de GaAs semi-aislante para la disminución de las pérdidas de absorción está introducido un compuesto III-V que aumenta la distancia de banda efectiva.

25

11.- Disposición según una de las reivindicaciones



1

1 - 10, caracterizada porque el diodo de luminiscencia preferentemente de GaAs, para la disminución de las pérdidas de absorción está introducido un compuesto III-V que disminuye la distancia de banda efectiva.

5

12.- Disposición de semi-conductor optoelectrónica.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se acompañan.

10

Consta esta memoria de catorce hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, a 3 de Noviembre de 1966.

15

CARLOS ROER

20

25

333020

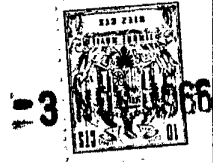


Fig.1

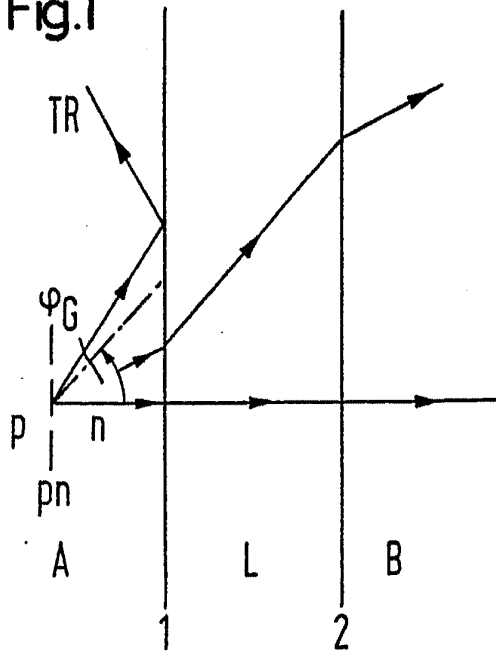
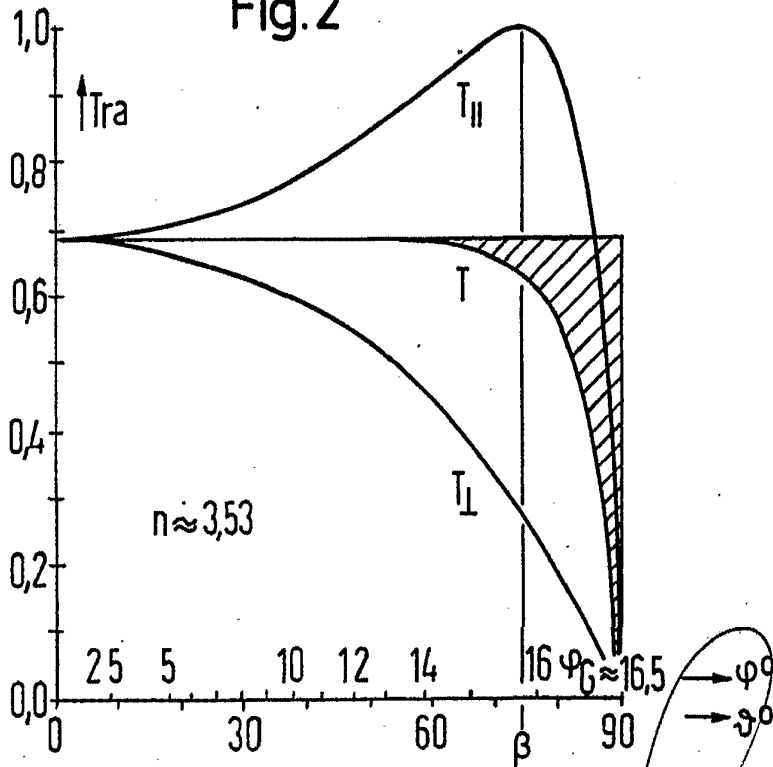


Fig.2



ESCALA VARIABLE

CARLOS BOEB

[Handwritten signature]



3 NOV 1956

Fig.3

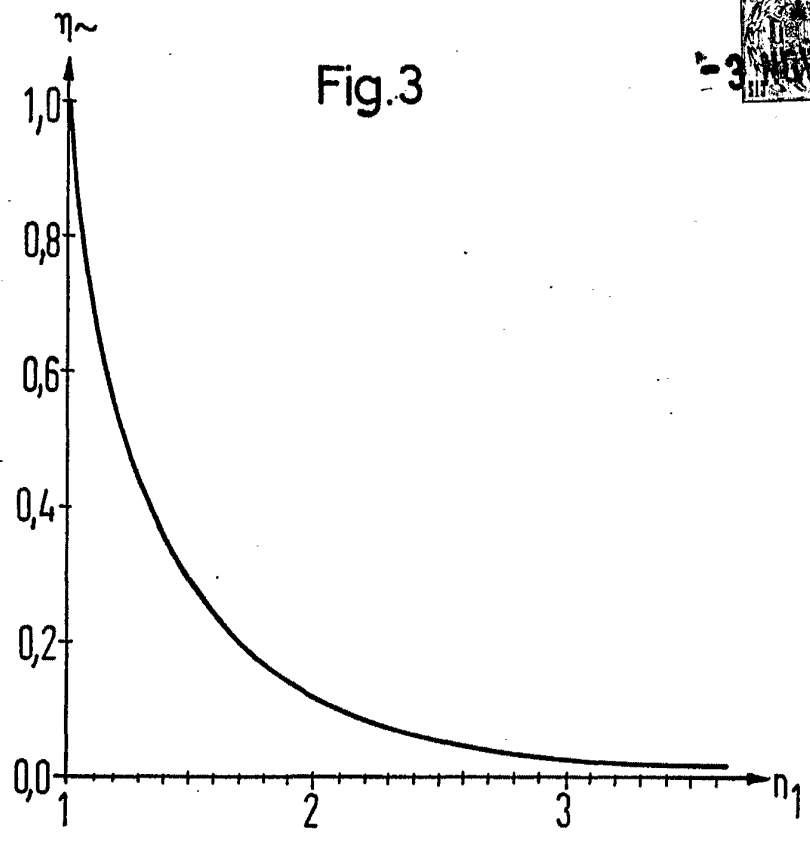
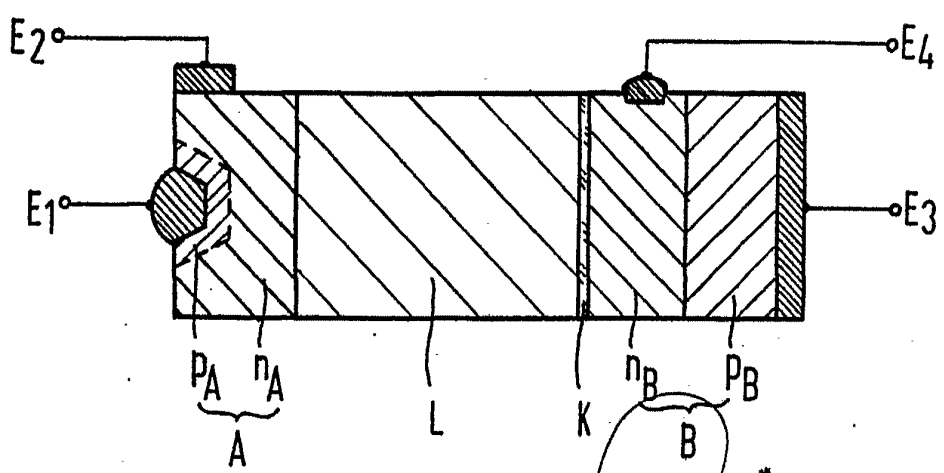


Fig.4



ESCALA VARIABLE
CARLOS ROED

Handwritten signature